

大菱鲂选育家系雌、雄群体的生长发育差异

王新安¹, 马爱军^{1*}, 黄智慧¹, 马得友¹,
王婷¹, 田岳强¹, 王广宁¹, 曲江波²

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室,
青岛市海水鱼类种子工程与生物技术重点实验室, 山东 青岛 266071;
2. 烟台开发区天源水产有限公司, 山东 烟台 264003)

摘要: 采用全长/体长、体高/体长、全长/体高和体质量为评价指标, 分别对9~33月龄大菱鲂雌、雄群体在生长发育过程中体型的动态变化及生长性能差异进行了比较。大菱鲂雌、雄群体形态比较结果显示, 雌、雄群体的全长/体长、体高/体长、全长/体高在不同发育阶段呈现特有的变化, 但在雌、雄群体间, 除33月龄的体高/体长和全长/体高差异达到显著水平外, 3项指标在不同阶段没有差异或差异不显著, 即可以认为, 对于统计初始体质量相同或相近的大菱鲂雌、雄群体, 全长/体长、体高/体长和全长/体高3个形态比例指标是随发育时间序列同步变化。基于Logistic模型对大菱鲂雌、雄群体生长性能的比较结果显示, 雌性群体的拐点月龄、拐点体质量和最大月增重均大于雄性群体; 对于雌性和雄性群体的瞬时增长率, 除在9~13月龄雌性群体稍低于雄性群体外, 13~33月龄的雌性群体均高于雄性群体, 且随着生长发育和体质量差异的增大, 雌、雄瞬时增长率的差异也呈增大趋势; 雄性群体进入快速生长期的始速点和进入缓慢生长期的终速点均比雌性群体提前, 雄性群体的快速生长期时间区间长度小于雌性群体, 其对应的体质量区间长度也小于雌性群体, 雌性群体在快速生长期的月增重显著高于雄性群体。研究表明, 大菱鲂雌、雄群体在生长发育过程中存在着显著的生长差异, 而形态差异不显著。

关键词: 大菱鲂; 选育家系; 雌雄群体; 生长发育差异

中图分类号: S 965.3

文献标志码: A

在动物世界中, 许多种类的雌、雄个体间在生长发育过程中存在普遍的差异, 这种差异主要包括雌雄形态差异和生长差异两部分。其中, 雌雄形态差异是指外部表现形态的差异, 即“型”的差异, 如形态的比例, 但不包括由于生长导致的形体大小差异(个体体积虽然不同, 但其相同形态指标比例可能是不变的); 雌雄生长差异是指在相同的生长期, 一种性别的个体比另一种性别的个体生长速度快。有关鱼类雌雄个体间形态差异研究^[1-3]和雌雄生长差异研究^[2,4-5]已有报道。鱼类雌雄形态差异研究表明, 棒花鱼(*Abbotina*

rivularis) 特定体长的雌性个体胸鳍、腹鳍间距显著大于雄性个体, 头长、头宽、头高等性状则小于雄性个体^[6]; 瓯江彩鲤(*Cyprinus carpio* var. *color*) 特定体长2龄鱼中, 雌性个体头长、头宽、头高、眼后头长、眼间距和尾鳍长大于雄性个体, 体高小于雄性个体^[7]。雌雄生长差异研究表明, 尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*) 是一种典型的雄鱼生长快、雌鱼生长慢的鱼类^[8]; 与此相反, 一些鱼类却是雌鱼生长快、雄鱼生长慢, 如半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis*)^[3]; 还有一些鱼类, 在某一生长发育阶段雌鱼生长快、雄鱼生长慢, 而在另

收稿日期:2013-12-31

修回日期:2014-01-12

资助项目:现代农业产业技术体系建设专项(CARS-50-G01)

通信作者:马爱军, E-mail: maaj@ysfri.ac.cn

一生长阶段则是雌鱼生长慢、雄鱼生长快,如鳊 (*Siniperca chuatsi*)^[2]、大鳞副泥鳅 (*Paramisgurnus dabryanus*)^[1]等。

目前,在选择育种过程中,主要采用生长标记的方法对鱼类雌雄差异进行鉴定^[9-12],采用形态判别雌雄差异的研究也有部分报道^[3,13-14]。采用分子生物学方法对雌雄差异的鉴定方法较为准确,但早期标记存在困难的情况下,这种方法在选择育种过程中的实用性较差,且代价也较高,如果能够尽早地从形态上判别出雌雄差异,则是一种简单、实用的理想方法。对于雌雄生长存在差异的鱼类,需要对选育进展进行分别评估,以便更准确地了解育种成效。本实验以大菱鲃 (*Scophthalmus maximus*)选育家系雌、雄群体为对象,对其形态和生长性能差异进行研究,探索雌雄生长发育的差异,以期为大菱鲃早期选择和选育评估提供理论依据。

1 材料与与方法

1.1 实验材料与设计

实验材料来源于山东烟台某良种场构建的选育一代家系(全同胞家系38个)。对所构建家系的15、30和45日龄,每个全同胞家系分别随机取样1 000、5 000和2 000尾鱼分池培育。在2月龄,每个家系随机取样1 000尾分别放置到12 m³水泥池内培育;3月龄时,鱼苗生长至5~6 cm,每个家系随机选取120尾鱼进行荧光(VIE)混养。9月龄时,每个家系从VIE标记的个体中随机取样60尾鱼进行电子标记(PIT)标记混养。在鱼苗和成鱼培育期间,水温13~18℃,盐度30~40,光照500~2 000 lx, pH 7.8~8.2,溶解氧6.0 mg/L。

从9月龄标记开始,每隔3个月对所有标记鱼采集体质量、体长、全长、体高等信息,直到33月龄。体质量精确到0.01 g,体长等形态性状精确到0.01 cm。在9~33月龄期间,除部分误测、误输及漏测的标记鱼没有统计分析外,本实验从具有完整9批次的标记鱼中随机取样雌鱼100尾、雄鱼120尾进行数据分析。

1.2 统计分析方法

雌雄群体的形态差异分析 采用全长/体长、体高/体长、全长/体高为评价指标,研究大菱鲃雌、雄群体间体型变化的差异。在同一月龄,对雌、雄群体间的3个比例性状的差异利用 t -检验

分析。当 $P < 0.05$ 时为差异显著,当 $P < 0.01$ 时为差异极显著。

雌雄群体的生长差异分析 对生长差异的分析,在同一月龄,对雌、雄群体间体质量的差异利用 t -检验分析。对在不同月龄采集到的体质量,采用Logistic模型分别拟合雌、雄群体的生长曲线,比较雌、雄群体的生长性能。Logistic模型的数学表达式为 $W_t = A(1 + Be^{-kt})^{-1}$,式中, t 为月龄; W_t 为 t 月龄时的体质量; A 为渐近体质量参数,即成熟个体体质量的平均值; B 为常数; k 为生长速率或成熟速率^[15-16]。

拐点坐标,即拐点月龄和拐点体质量分别为 $t = (\ln B)/k$, $W_t = A/2$;在该点上瞬时生长率(instantaneous growth rates, GR)达到最大值,即最大月增重: $\frac{dW}{dt} = kW/2$;瞬时生长率表示某种组织或整体在某单位时间内的增长量,用来比较同一时期内不同组织绝对增量的大小。

GR方程: $g(t) = kW_t(1 - W_t/A)$;存在两个生长速率变化率极大值点,这两点的坐标是

$$t = -\frac{1}{k} \ln \frac{2 \pm \sqrt{3}}{B}, W_t = A(3 \pm \sqrt{3})^{-1}。$$

通过对Logistic模型逐级求导,可解得生长发育过程中的两个生长速率变化率极大值时间点:始速点和终速点,将整个发育过程分为缓慢生长期、快速生长期和渐进生长期3个生长发育阶段。

用SAS 8.2软件NLIN程序过程中的DUD法(试位法),进行循环迭代,拟合计算出选育新品系和普通养殖群体模型参数的最优估计值 A 、 B 、 k ,建立生长曲线模型,收敛标准为 10^{-8} 。

2 结果

雌雄群体的形态差异 在9、12、15、18和21月龄,两群体体质量均值经检验均达到显著水平($P < 0.05$),在24、27、30和33月龄,则达到极其显著水平($P < 0.01$)。其中,9月龄雌性群体体质量均值为(162.38 ± 33.23) g,雄性群体为(159.18 ± 43.71) g。12月龄,雌性群体为(377.38 ± 95.31) g;雄性群体为(371.53 ± 87.14) g(表1)。统计分析初始期几乎相同的体质量规格,为后期随雌、雄体质量的变化所进行的形态差异分析提供依据。

在 9~33 月龄,雌性群体的全长/体长、体高/体长和全长/体高 3 个比例指标的范围分别是 1.18~1.30、0.72~0.82 和 1.56~1.64;雄性群体这 3 个比例指标的范围分别是 1.17~1.30、0.70~0.81 和 1.59~1.64(表 1)。从变化趋势上看,对于全长/体长,雌性和雄性群体在 9~21 月龄的比值存在较小的波动性变化,两群体变化范围都仅为 1.28~1.30,但到 24 月龄时,两群体比值均急剧下降为 1.22,24~33 月龄基本呈下降趋势(雌性 33 月龄稍高于 30 月龄);在各统计月龄,雌、雄群体全长/体长的比值差异均未达到显著水平($P > 0.05$)。对于体高/体长,雌性群体呈先升后降的趋势,9~15 月龄上升,15~33 月龄下降;雄性群体在 9~12 月龄上升,12~21 月龄没有变化,均为 0.81,此后呈下降趋势;雌、雄群体体高/体长的比值差异,除在 33 月龄达到显著水

平外($P < 0.05$),其余各期均未达到显著水平($P > 0.05$)。对于全长/体高,雌性和雄性群体的波动性变化较为明显,两群体间的变化趋势也基本一致,与体高/体长差异相同,雌、雄群体全长/体高的比值差异除在 33 月龄达到显著水平外($P < 0.05$),其余各统计期均未达到显著水平($P > 0.05$)。

雌雄群体的生长差异 雌性和雄性群体的拟合度分别为 0.984 和 0.977(表 2),拟合效果均较好,能够利用 Logistic 模型解释雌性和雄性的生长发育规律。雌性和雄性群体的拐点月龄分别为 24.0 和 18.3;拐点体质量分别为 1 443.56 g 和 844.96 g;最大月增重分别为 103.09 g 和 75.38 g。雌性群体的拐点月龄、拐点体质量和最大月增重均大于雄性群体。

表 1 大菱鲆选育家系雌、雄群体不同月龄的生长指标

Tab. 1 Growth index of female and male populations of turbot breeding families in different month age

| 月龄 month age | 体质量/g body weight | | 全长/体长 total length/body length | | 体高/体长 body depth/body length | | 全长/体高 total length/body depth | |
|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ |
| | 9 | 162.38 ± 33.23 | 159.18 ± 43.71 | 1.28 ± 0.05 | 1.29 ± 0.05 | 0.78 ± 0.04 | 0.80 ± 0.10 | 1.64 ± 0.08 |
| 12 | 377.38 ± 95.31 | 371.53 ± 87.14 | 1.29 ± 0.03 | 1.28 ± 0.08 | 0.81 ± 0.40 | 0.81 ± 0.04 | 1.60 ± 0.09 | 1.60 ± 0.08 |
| 15 | 772.63 ± 136.73 | 706.36 ± 162.73 | 1.30 ± 0.04 | 1.30 ± 0.06 | 0.82 ± 0.05 | 0.81 ± 0.04 | 1.60 ± 0.08 | 1.61 ± 0.12 |
| 18 | 958.44 ± 171.25 | 887.51 ± 179.47 | 1.29 ± 0.02 | 1.29 ± 0.02 | 0.80 ± 0.04 | 0.81 ± 0.04 | 1.61 ± 0.07 | 1.59 ± 0.08 |
| 21 | 1 126.09 ± 195.02 | 1 046 ± 232.19 | 1.29 ± 0.02 | 1.30 ± 0.05 | 0.79 ± 0.04 | 0.81 ± 0.07 | 1.64 ± 0.08 | 1.61 ± 0.10 |
| 24 | 1 403.03 ± 274.26 ^A | 1 168.67 ± 235.37 ^A | 1.22 ± 0.03 | 1.22 ± 0.04 | 0.75 ± 0.03 | 0.75 ± 0.04 | 1.64 ± 0.07 | 1.64 ± 0.08 |
| 27 | 1 678.84 ± 304.56 ^A | 1 308.04 ± 240.28 ^A | 1.19 ± 0.02 | 1.20 ± 0.02 | 0.74 ± 0.03 | 0.73 ± 0.03 | 1.62 ± 0.07 | 1.64 ± 0.06 |
| 30 | 2 072.91 ± 397.51 ^A | 1 531.38 ± 304.36 ^A | 1.16 ± 0.19 | 1.20 ± 0.02 | 0.74 ± 0.03 | 0.74 ± 0.03 | 1.56 ± 0.26 | 1.61 ± 0.06 |
| 33 | 2 279.38 ± 470.34 ^A | 1 629.33 ± 346.84 ^A | 1.18 ± 0.02 | 1.17 ± 0.06 | 0.72 ± 0.04 ^a | 0.70 ± 0.04 ^a | 1.64 ± 0.08 ^a | 1.67 ± 0.07 ^a |

注:同一行中,上标中含有相同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),含有相同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)

Notes: Values in the same row with the same lowercase superscript letters are significantly different ($P < 0.05$), and with the same capital superscript letters are very significantly different ($P < 0.01$)

表 2 大菱鲆选育家系雌、雄群体的 Logistic 模型参数估计值和拟合度

Tab. 2 The parameter values and the goodness of fit of Logistic models of female and male populations of turbot

| 群体 populations | 模型参数 model parameters | | | 拟合度(R^2) goodness of fit (R^2) | 拐点月龄 month age at inflection | 拐点体质量/g weight at inflection | 最大月增重/g maximum month gain |
|-------------------|--------------------------|--------|-------|----------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| | A | B | K | | | | |
| ♀ | 2 887.128 | 30.603 | 0.143 | 0.984 | 24.0 | 1 443.56 | 103.09 |
| ♂ | 1 689.912 | 26.344 | 0.178 | 0.977 | 18.3 | 844.96 | 75.38 |

雌性和雄性瞬时增长率的变化均为先上升后下降,呈倒钟形状(图 1)。除在 9~13 月龄雌性群体的瞬时增长率稍低于雄性群体外,在 13~33 月龄期间雌性群体的瞬时增长率均高于雄性群体。随着生长发育雌、雄体质量差异的增大,雌、

雄瞬时增长率的差异也增大。

通过对 Logistic 模型求导,解得生长发育过程中的两个生长速率变化率极大值时间点:始速点和终速点,可将整个发育过程分为缓慢生长期、快速生长期和渐进生长期 3 个生长发育阶段。雌

性和雄性群体不同生长期的始速点和终速点区间范围见表3。可以看到,大菱鲂雄性群体进入快速生长期的始速点和进入缓慢生长期的终速点均比雌性群体提前(图2)。雄性群体的快速生长期时间区间长度(15月龄)小于雌性群体(18月龄),其对应的体质量区间长度(975.67g)也小于雌性群体(1666.88g),进一步计算两群体在快速生长区间的月增重发现,雌性群体为90.39g,而雄性群体为66.10g。雌性群体在快速生长区间的月增重显著高于雄性群体。

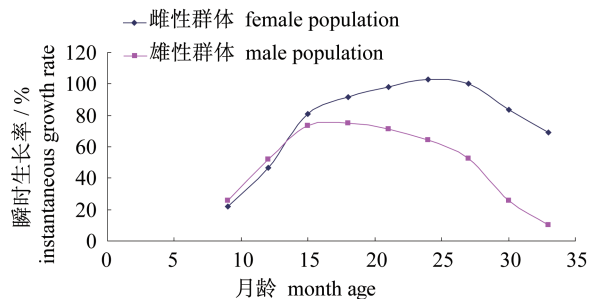


图1 大菱鲂选育家系雌雄群体的瞬时生长曲线
Fig. 1 Instantaneous growth rates of female and male populations of turbot

表3 大菱鲂选育家系雌、雄群体的3个生长过程区间
Tab. 3 Three growth stages interval of body weight of female and male populations of turbot

| 群体 populations | 生长过程区间(月龄/体质量) growth stages interval(time, month age/body weight, g) | | | |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------|
| | 缓慢生长期 slow-growing period | 快速生长期 fast-growing period | 快速生长期净增量 net increment of fast-growing period | 渐进生长期 asymptotic growing period |
| ♀ | 0/0 ~ 14.73/610.12 | 14.73/610.12 ~ 33.17/2277.01 | 18.44/1666.88 | 33.17/2277.01 |
| ♂ | 0/0 ~ 10.95/357.12 | 10.95/357.12 ~ 25.72/1332.79 | 14.76/975.67 | 25.72/1332.79 |

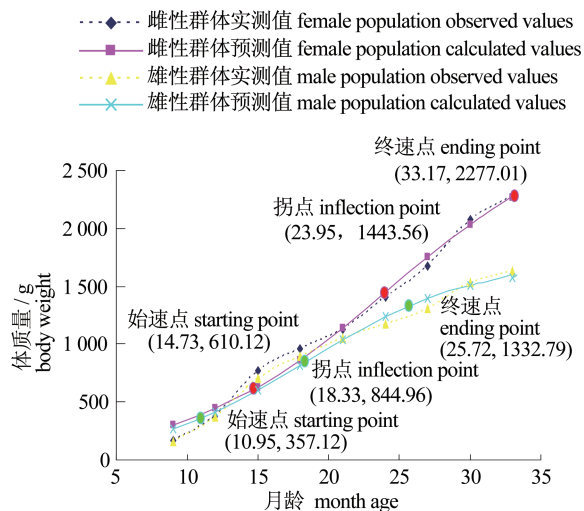


图2 大菱鲂选育家系雌、雄群体体质量的实测值和预测值生长曲线

Fig. 2 Growth curves of observed and calculated values of body weight of female and male populations of turbot

3 讨论

鱼类雌、雄个体间通常具有形态差异^[1]。研究表明,在相似全长范围内的半滑舌鳎,雄鱼的全长/体高比值显著大于雌鱼,这一比值可为区分半滑舌鳎雌、雄鱼苗种提供参考^[3]。大鳞副泥鳅雌、雄个体间的体长/吻腹长差异达到显著水

平^[1]。雌、雄鳃的体长/体高差异极显著,而体长/头长、尾柄长/尾柄高、头长/吻长、头长/眼径之间无显著差异^[2]。雌雄翘嘴鳊的体型参数(体长/体高)也具有显著性差异^[14]。本研究在初始统计期体质量差异不显著的前提下,以全长/体长、体高/体长和全长/体高3个比例指标对大菱鲂雌、雄群体间在不同生长发育阶段(9~33月龄)的形态差异进行研究,结果表明,大菱鲂雌、雄群体,全长/体长、体高/体长和全长/体高3个形态比例指标随发育时间序列同步变化。尽管从形态上判别鱼类的雌雄差异是一种简单、实用的理想方法,但对大菱鲂而言,在其生长发育过程中,由于早期形态差异不明显,因此,早期的雌、雄选留标记混养仍采用分子标记的方法进行。

鱼类雌、雄个体间存在着普遍的生长差异,通常选择适合的数学方程进行动物生长研究。近年来,多种非线性模型被建立并被应用于生长过程的研究^[17-20],比如,在鱼类中较为常用的模型有 Logistic、Gompertz 和 von Bertalanffy^[21-23]。研究发现,大鳞副泥鳅1龄鱼、3龄鱼雌性体质量大于雄性,2龄鱼则呈相反趋势^[1]。对雌、雄鳃生长速度进行比较研究发现,在相同饲养条件下,体质量170g以内时,雌、雄鳃生长无显著差异;但从170g到800g雌鱼的生长速度明显地快于雄鱼;800g以上雌鱼生长减

慢,雄鱼生长开始快于雌鱼;1 kg 以内的鳊雌大雄小,1 kg 以上时一般雄大雌小^[2]。基于 von Bertalanffy 模型,对青海湖裸鲤 (*Gymnocypris przewalski*)雌、雄生长特征研究发现,雌性的生长方程为 $W_t = 1\,237.343\,1(1 - e^{-0.071\,1(t+0.304\,4)})^{2.499\,0}$,其相应的生长拐点为 12.57 龄;雄性生长方程为 $W_t = 2\,567.324\,2(1 - e^{-0.053\,0(t+0.424\,0)})^{2.753\,8}$,其相应的生长拐点为 18.67 龄^[5]。对池养乌苏里拟鲿 (*Pseudobagrus assuriensis*)雌雄鱼生长研究发现,雄鱼生长速度明显大于雌鱼。3 龄雄性乌苏里拟鲿的体质量和体长分别是雌性鱼的 235.2% 和 150.3%^[24]。对雌雄翘嘴鳊的研究表明,雌体生长速度明显快于雄体^[14]。鄱阳湖黄鳊 (*Monopterus albus*)的雌雄体质量生长也存在着显著差异,雌性生长方程为 $W_t = 602.01[1 - e^{-0.1740\,2(t+1.203\,2)}]^{3.260\,1}$,雄性生长方程为 $W_t = 947.32[1 - e^{-0.118\,45(t+1.310\,1)}]^{2.900\,8}$ ^[25]。基于 von Bertalanffy 模型,色林错裸鲤 (*Gymnocypris selincuoensis*)雌性的体质量生长方程为 $W_t = 1\,336.993\,2[1 - e^{-0.068\,4(t-0.602\,8)}]^{2.530\,3}$,其生长拐点为 12.9 龄;雄性的生长方程为 $W_t = 1\,439.475\,3[1 - e^{-0.071\,0(t-0.567\,9)}]^{2.407\,2}$,其生长拐点为 14.2 龄,雌性表现出更快的生长特征^[26]。

本研究基于 Logistic 模型对大菱鲂雌雄群体的生长性能进行了系统的分析比较。结果发现,生长较快的雌性群体的拐点月龄、拐点体质量和最大月增重均大于雄性群体;对于雌性和雄性群体的瞬时增长率,除在 9~13 月龄雌性群体稍低于雄性群体外,在 13~33 月龄期间雌性群体均高于雄性群体,且随着生长发育雌、雄体质量差异的增大,雌、雄瞬时增长率的差异也逐渐增大;雄性群体进入快速生长期的始速点和进入缓慢生长期的终速点均比雌性群体提前,雄性群体的快速生长期时间区间长度小于雌性群体,其对应的体质量区间长度也小于雌性群体,雌性群体在快速生长期的月增重显著高于雄性群体。这表明大菱鲂雌、雄生长规律存在着显著的差异,雌鱼比雄鱼具有更为优良的生长性能。在选育过程中,为更准确地了解育种成效,建议对选育进展分别评估。

参考文献:

[1] Wang Y J, Li D X. Study on sexual dimorphism of *Paramisgurnus dabryanus* Sauvage from Nansihu

Lake[J]. Sichuan Journal of Zoology, 2005, 24(2): 159 - 160. [王元军,李殿香.大鳞副泥鳅雌雄个体的形态分析.四川动物,2005,24(2):159 - 160.]

- [2] Wang X Q, Li C W, Xie Z G. Studies on the growth difference of the male and female *Siniperca chuatsi* [J]. Freshwater Fisheries, 36(3): 34 - 37. [王晓清,李传武,谢中国,等.鳊雌雄生长差异研究.淡水渔业,2006,36(3)34 - 37.]
- [3] Li H, Chen S Q, Liu J H, et al. Study on sex ratio and comparison of morphological variation between genders of cultured half smooth tongue sole (*Cynoglossus semilaevis*) [J]. Journal of Fisheries of China, 2012, 36(9): 1331 - 1336. [李虎,陈四清,刘海金,等.半滑舌鳎养殖群体的性比与雌雄形态差异比较.水产学报,2012,36(9):1331 - 1336.]
- [4] Li J L, Li C H, Li S F, et al. Culture performance of hybrids from different strain combinations of *Oreochromis niloticus* × *O. aureus* [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 1997, 6(2): 96 - 101. [李家乐,李思晨,李思发.不同组合尼罗罗非鱼(♀) × 奥利亚尼罗非鱼(♂)养殖性能差异研究.上海水产大学学报,1997,6(2):96 - 101.]
- [5] Chen D Q, Zhang X, Xiong F, et al. Studies on growth characteristics of *Gymnocypris przewalskii* [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2006, 30(2): 173 - 179. [陈大庆,张信,熊飞,等.青海湖裸鲤生长特征的研究.水生生物学报,2006,30(2):173 - 179.]
- [6] Lin Z H, Lei H Z, Chen L L, et al. Sexual dimorphism in morphological traits and female individual fecundity of *Abbottina rivularis* [J]. Sichuan Journal of Zoology, 2007, 26(4): 910 - 913. [林植华,雷焕宗,陈利丽,等.棒花鱼形态特征的两性异形和雌性个体生育力.四川动物,2007,26(4):910 - 913.]
- [7] Lü Y P, Lin Z H, Lei H Z, et al. Sexual dimorphism in morphological traits and female individual fecundity of Oujiang color common carp, *Cyprinus carpio* var. *color* [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2008, 27(2): 284 - 288. [吕耀平,林植华,雷焕宗,等.瓯江彩鲤形态特征的两性异形和雌性个体生育力.华中农业大学学报,2008,27(2):284 - 288.]
- [8] Ma X L, Zhang Y, Zhou L B, et al. Studies of growth sexual dimorphism in vertebrate [J]. Chinese Journal of Zoology, 2009, 44(2): 141 - 146. [马细兰,张勇,周立斌,等.脊椎动物雌雄生长差异的研究进展.动物学杂志,2009,44(2):141 - 146.]

- [9] Xin W T, Sun Z W, Yin H B, *et al.* Identification of sex-associated SRAP marker in *Pelteobagrus fulvidraco* [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2009, 37(5): 112 - 113. [辛文婷, 孙中武, 尹洪斌, 等. 黄颡鱼雌雄差异的 SRAP 标记. 东北林业大学学报, 2009, 37(5): 112 - 113.]
- [10] Lu C Y, Sun X W, Liang L Q. Genetic diversity of both sexes of *Pelteobagrus fulvidraco* in AFLP *pyaluensis* juveniles [J]. Chinese Journal of Fisheries, 2007, 20(2): 24 - 28, 34. [鲁翠云, 孙效文, 梁利群. AFLP 分析黄颡鱼雌雄个体的遗传差异. 水产学杂志, 2007, 20(2): 24 - 34.]
- [11] Liu G Y, Chen K C, Zheng G M, *et al.* Screening and identification of female-specific DNA fragments in *Channa argus* using SSR-BSA [J]. Journal of Fisheries of China, 2011, 35(2): 170 - 175. [刘改艳, 陈昆慈, 郑光明, 等. SSR-BSA 技术对乌鳢性别差异标记的初步筛选. 水产学报, 2011, 35(2): 170 - 175.]
- [12] Qiu Q, Luo W. Apply RAPD to screen out sex differentiation related molecular marker in *Opsariichthys bidens* [J]. Journal of Aquaculture, 2012, 33(1): 38 - 42. [邱晴, 罗文. 采用 RAPA 技术筛选马口鱼性别差异相关分子标记. 水产养殖, 2012, 33(1): 38 - 42.]
- [13] Lin Z H, Lei H Z. The growth of the head morphological traits of male and female *Pseudobagrus fulvidraco* [J]. Journal of Lishui University, 2004, 26(2): 39 - 41. [林植华, 雷焕宗. 雌雄两性黄颡鱼头部形态特征的增长. 丽水师范学院专科学校学报, 2004, 26(2): 39 - 41.]
- [14] He F L, Xiang J G. Biological characters and growth differentiation between male and female *Siniperca chuatsi* (Basilewsky) [J]. Reservoir Fisheries, 2005, 25(4): 30 - 32. [何福林, 向建国. 雌雄翘嘴鳊生物性状及生长的差异研究. 水利渔业, 2005, 25(4): 30 - 32.]
- [15] de Behr V, Hornick J L, Cabaraux J F, *et al.* Growth patterns of Belgian Blue replacement heifers and growing males in commercial farms [J]. Livestock Production Science, 2001, 71(2-3): 121 - 130.
- [16] Bathaei S S, Leory P L. Growth and mature weight of Mehraban Iranian fat-tailed sheep [J]. Small Ruminant Research, 1996, 22(2): 155 - 162.
- [17] Darmani-Kuhi H, Kebreab E, Lopez S, *et al.* An evaluation of different growth functions for describing the profile of live weight with time (age) in meat and egg strains of chicken [J]. Poultry Science, 2003, 82(10): 1536 - 1543.
- [18] Khamis A, Ismail Z, Horan K, *et al.* Nonlinear growth models for modeling oil palm yield growth [J]. Journal of Mathematics and Statistics, 2005, 1(3): 225 - 233.
- [19] Roush W B, Branton S L. A comparison of fitting growth models with a genetic algorithm and nonlinear regression [J]. Poultry Science, 2005, 84(3): 494 - 502.
- [20] Helidoniotis F, Haddon M, Tuck G, *et al.* The relative suitability of the von Bertalanffy, Gompertz and inverse logistic models for describing growth in blacklip abalone populations (*Haliotis rubra*) in Tasmania [J]. Fisheries Research, 2011, 112(1-2): 13 - 21.
- [21] Shah M A. Stochastic Logistic Model for fish growth [J]. Open Journal of Statistics, 2014, 4(1): 11 - 18.
- [22] Wang X A, Ma A J, Huang Z H, *et al.* Growth patterns of selectively bred turbot *Scophthalmus maximus* [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2011, 42(2): 266 - 273. [王新安, 马爱军, 黄智慧, 等. 大菱鲆大规模家系选育优良家系的生长发育规律. 海洋与湖沼, 2011, 42(2): 266 - 273.]
- [23] Katsanevakis S, Maravelias S D. Modeling fish growth: multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation [J]. Fish and Fisheries, 2008, 9(2): 178 - 187.
- [24] Jia Y H, Huang H Z, Li Q Q, *et al.* Growth and seasonal changes of sex steroids level and gonad development in female and male *Pseudobagrus ussuriensis* [J]. Marine Sciences, 2012, 36(3): 61 - 66. [贾一何, 黄鹤忠, 李倩倩, 等. 池养乌苏里拟鲢雌雄鱼生长及周年性激素与性腺发育研究. 海洋科学, 2012, 36(3): 61 - 66.]
- [25] Li Z Q, Ouyang S, Wu X P, *et al.* The growth characteristics of *Monopterus albus* in Poyang Lake [J]. Chinese Journal of Zoology, 2008, 43(3): 113 - 120. [李芝琴, 欧阳珊, 吴小平, 等. 鄱阳湖黄鳝的生长特征. 动物学杂志, 2008, 43(3): 113 - 120.]
- [26] Chen Y F, He D K, Cao W X, *et al.* Growth of *Selincuo schizothoracini* (*Gymnocypris selincuoensis*) in Selincuo Lake, Tibetan Plateau [J]. Acta Zoologica Sinica, 2002, 48(5): 667 - 676. [陈毅峰, 何德奎, 曹文宣, 等. 色林错裸鲤的生长. 动物学报, 2002, 48(5): 667 - 676.]

Developmental differences between female and male groups in turbot (*Scophthalmus maximus*) breeding families

WANG Xinan¹, MA Aijun^{1*}, HUANG Zhihui¹, MA Deyou¹, WANG Ting¹,
TIAN Yueqiang¹, WANG Guangning¹, QU Jiangbo²

(1. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture,
Qingdao Key Laboratory for Marine Fish Breeding and Biotechnology, Yellow Sea Fisheries Research Institute,
Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;

2. Yantai Tianyuan Aquatic Limited Corporation, Yantai 264003, China)

Abstract: The differences between female and male turbot in morphology and growth were compared using total length/body length (TL/BL), body depth/body length (BD/BL) and total length/body depth (TL/BD) as well as body weight. The comparison results of morphology showed that although TL/BL, BD/BL and TL/BD of the two groups presented respective dynamic changes at different growth stages, the differences of the three proportion indexes did not exist or were not significant except that the differences of BD/BL and TL/BD of 33 months of age were significant, namely, TL/BL, BD/BL and TL/BD between female and male groups were fluctuating simultaneously with time series of growth when the initial weight of the two groups were same or similar. The comparison results of the two groups, growth showed that female groups showed later starting point (14.7), inflection point (24.0) and ending point (33.2), heavier weight at inflection (1 443.56 g) and maximum month gain (103.10 g), longer fast-growing period time interval (18.4 months) and fast-growing body weight intervals (1 666.88 g) and heavier month gain (90.39 g) during fast-growing period than those of male groups. Furthermore, the instantaneous growth rates of female groups was higher than those of male group during months 13.1 – 33.0. The differences of instantaneous growth rates of the two groups showed an increasing trend with accretion of body weight differences during development. The findings suggest that the differences of the two groups in growth are significant and the differences in morphology are not significant.

Key words: *Scophthalmus maximus*; breeding families; male and female populations; developmental differences

Corresponding author: MA Aijun. E-mail: maaj@ysfri.ac.cn